

LES
BLÈS FERMENTÉS
EN ALGÉRIE

THÈSE

Présentée et publiquement soutenue à l'École Supérieure de Pharmacie de Montpellier

Le 14 Juin 1906

PAR

L. ARNOLD

PHARMACIEN DE 1^{re} CLASSE A SÉTIF (ALGÉRIE)

Pour obtenir le Grade de Docteur de l'Université

(MENTION PHARMACIE)



JURY :

MM. F. JADIN, *Professeur, Président*
GAUCHER, *Professeur*
H. IMBERT, *Professeur*

MONTPELLIER

IMPRIMERIE GÉNÉRALE DU MIDI

1906

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE MONTPELLIER

PROFESSEURS

MM. G. MASSOL (I. P. )	DIRECTEUR.	<i>Physique.</i>
I. COURCHET (I. P. )		} <i>Hist. natur. des médicaments et Botanique.</i>
C. ASTRE (I. P. )		
L. PLANCHON (I. P. )		<i>Chimie générale.</i>
F. JADIN (I. P. )		<i>Matière médicale.</i>
H. IMBERT (I. P. )		<i>Pharmacie.</i>
H. FONZES-DIACON (I. P. )		} <i>Chimie analytique et Toxicologie.</i>
		<i>Chimie minérale.</i>

COURS COMPLÉMENTAIRES ET AUXILIAIRES

MM. ASTRUC (A. )	chargé de cours	<i>Pharmacie galénique.</i>
GAUCHER (A. )	chargé de cours	<i>Botanique cryptogamique.</i>
ASTRUC (A. )	chargé de cours.	<i>Minéralogie et Hydrologie</i>
TARBOURIECH (A. )	ch. de c.	<i>Analyse quantitat. générale</i>

AGRÉGÉS

MM. GAUCHER (A. )
ASTRUC (A. )
TARBOURIECH (A. )

Secrétaire : IZARD (I. P. )

NOTA.—L'École de Pharmacie n'accepte la responsabilité d'aucune des opinions émises par les candidats dans les Thèses ou Synthèses qui lui sont présentées.

A MA MÈRE

A MA FEMME

L. ARNOLD

A MONSIEUR LE PROFESSEUR JADIN

A MES PARENTS ET AMIS

L. ARNOLD.

LES BLÉS FERMENTÉS EN ALGÉRIE

AVANT-PROPOS

Les phénomènes chimiques produits par les fermentations ont attiré de très bonne heure l'attention des hommes, des savants. A l'origine, on ne considérait que le dépôt produit par la fermentation, dépôt qui renfermait une force occulte capable de se transmettre à toute matière fermentescible en y déterminant des phénomènes chimiques. C'est ainsi que les anciens apprirent des dieux, nous dit l'histoire, à fabriquer le vin, et qu'ils distinguèrent avec Moïse le pain avec ou sans levain. Osiris, d'après les Egyptiens ; Bacchus, d'après les Grecs ; Noé, d'après les Juifs et les Arabes, apprirent aux hommes l'art de cultiver la vigne et de faire le vin. Les alchimistes des XIII^e, XIV^e et XV^e siècles, grands chercheurs de pierre philosophale, ne savaient pas non plus grand chose sur les fermentations, et donnaient ce nom-là à tous les phénomènes de décomposition ou d'altérations de substances quelconques. Les chimistes du XVI^e siècle et de

la première partie du XVII^e siècle donnèrent des explications plus ou moins compréhensibles de la fermentation, et confondirent aussi sous cette dénomination un grand nombre de réactions chimiques. Van Helmont (1652) donna le nom de fermentation à l'effervescence produite par l'action d'un acide sur un carbonate, ce que Silvius de la Boë (1659) ne consentit pas avec raison à regarder comme un phénomène de même ordre. Les travaux et les écrits de Becker (1682) montrent un progrès très marqué dans l'étude des produits de la fermentation; mais Lavoisier (1789), le premier, en introduisant la balance dans la chimie, montra la relation qui existe entre ces produits et la matière fermentescible. Cependant, il fallait encore les observations microscopiques de Cagnard-Latour (1836) pour découvrir les ferments organisés, la nature vivante de la levure de bière, et la belle méthode expérimentale ainsi que la tranquille assurance de l'illustre Pasteur, pour entraîner toutes les convictions.

Depuis, nombreux sont les savants qui se sont occupés et qui s'occupent de cette intéressante question, et à l'intervention d'un ferment figuré il faut aujourd'hui ajouter les fermentations provoquées par des produits solubles : les *diastases*, *enzymes* ou *zymases*. Nous venons, nous aussi, apporter notre faible contribution à l'étude de cette question, toujours à l'ordre du jour, avec l'espoir que notre travail sur les blés fermentés en Algérie, sur le *mziyit*, en particulier, sera de quelque utilité.

En France, on rejette de la consommation tous les blés altérés; en Algérie, les indigènes consomment tous ces blés et recherchent même l'un d'entre eux : le *mziyit*. Il était donc intéressant de faire l'étude de ces blés, tant au point

de vue alimentaire qu'au point de vue chimique et microbiologique. C'est ce que nous avons fait, et voici l'exposé du plan suivi dans notre travail :

- 1° *Les blés fermentés en France et en Algérie.*
- 2° *Le MZIYIT : a) Définition et description ; b) étude chimique ; c) étude micrographique ; d) étude bactériologique.*
- 3° *Etude du MECHROUB.*
- 4° *Etude du BLÉ AMER.*
- 5° *Etude du LATOUAG.*
- 6° *Etude des terrains propres à la formation de ces blés fermentés.*
- 7° *Valeur alimentaire de ces blés.*
- 8° *Conclusions.*

Mais avant d'aborder notre sujet, nous avons un devoir bien doux à remplir, c'est celui de prier notre cher Maître, M. le professeur Jadin, qui a bien voulu nous accueillir dans son laboratoire et nous honorer de nombreuses marques de sa bienveillante sympathie, de bien vouloir accepter l'hommage de notre reconnaissance et de notre dévouement.

LES BLÉS FERMENTÉS EN FRANCE ET EN ALGÉRIE

Les blés fermentés sont des blés ayant subi des modifications plus ou moins profondes sous l'influence de l'humidité seule ou plus généralement sous l'influence de l'humidité et de diastases sécrétées par des organismes inférieurs : champignons ou microbes. Ces modifications se produisent surtout après la récolte quand le blé est en magasin, et assez rarement avant la récolte quand le blé est sur pied. L'humidité seule peut déterminer la germination des grains et voici à ce sujet les conclusions du travail de M. Balland : « Les blés germés contiennent la même quantité de matières azotées que les blés ordinaires de même provenance ; ils sont plus riches en sucre et en ligneux (aux dépens de l'amidon) et plus pauvres en matières grasses : faits conformes aux recherches de M. G. Fleury sur la germination des graines oléagineuses, et aux expériences plus récentes de M. Boussingault sur la végétation dans l'obscurité. Ils ne renferment pas plus d'eau que les blés de la même région, récoltés dans de bonnes conditions atmosphériques. Le gluten a été modifié profondément : il a perdu toutes les qualités qui le rendent si précieux dans le travail de la panification ; il est devenu mou, noir, visqueux ; il s'est désa-

grégé et en partie transformé en albumine soluble. L'acidité est toujours plus forte ; traduite en acide sulfurique monohydraté, elle peut s'élever à 0 gr. 044 %, soit 44 grammes par quintal métrique. Elle paraît en rapport avec le degré d'altération du gluten. » De plus : « les matières albuminoïdes provenant du traitement des farines par l'eau froide sont en plus forte proportion dans le blé germé. » (*Journal de Ph. et de Chimie*, 5^e série, t. VII.) Voici un des résultats d'analyse de M. Balland :

Blé de Bresse (Ain), de qualité ordinaire

	Gluten humide	Acidité	Eau	Ligneux	Glucose	Matières grasses	Matières solubles dans l'acide acétique dilué	Matières solubles dans l'eau froide	Sels fixes	OBSERVATIONS
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	
1 ^{er} Lot. — Blé naturel... ..	16 00	0 028	14.61	2.60	1.30	1.47	9.62	5.72	1.63	Gluten de bonne qualité
2 ^e Lot. — Blé humecté ; pendant dix jours, germination très apparente.	12.5	0.044	13.90	3.24	3.60	1.39	11.96	10.40	1.65	Gluten défectueux

Sous l'influence de l'humidité et de certaines moisissures (*mucor mucedo*, *aspergillus glaucus*, *penicillium glaucum*, etc.) ou bactéries (*bacillus mesentericus fuscus*, *micrococcus prodigiosus*, etc.), le blé ne tarde pas à s'altérer, à s'échauffer. L'amidon se transforme en dextrine et en glucose ; ce glucose subit à son tour les fermentations acétique, lactique et butyrique ; les substances azotées, le gluten, se putréfient ; l'enveloppe même du grain est corrodée par les diastases que sécrètent ces microorganismes. Ainsi altéré, le blé pos-

sède une saveur et une odeur souvent très désagréables et qui changent avec le genre de fermentation qu'il a subi. En 1878, M. Prilleux a eu l'occasion d'examiner un blé coloré en rose et altéré par une bactérie (*Ann. des Sc. Nat. Botanique*, 6^e série, t. VIII, 1879). Ce blé, mal développé, ridé et coloré, montre, par une coupe tangentielle, la couleur rose pourpre de l'albumen ; une section transversale paraît également colorée en rose, surtout dans l'assise protéique. L'albumen présente une grande lacune qui s'étend de l'embryon au sommet du grain. Les grains, très altérés, présentent plusieurs lacunes communiquant ensemble et formant une cavité irrégulière. Ces lacunes sont entourées d'une zone plus ou moins épaisse, dans laquelle le tissu de l'albumen est transparent et dépourvu d'amidon. Du côté intérieur, cette zone est bordée par une traînée nébuleuse tapissant la paroi de la lacune d'une sorte de revêtement irrégulier. Ce sont des amas de bactéries globuleuses ou ovoïdes, que M. Prilleux désigne sous le nom de *Micrococcus Tritici*. Ce sont ces micrococcus qui sécrètent la matière purpurine qu'absorbent et fixent le gluten et l'aleurone ; ce sont ces bactéries qui corrodent le tissu du grain, à partir du sillon par où ils ont pénétré, et leur action s'exerce d'abord sur l'amidon, puis sur le gluten et même sur les parois des cellules.

En 1895, M. Prilleux a également étudié un blé attaqué par le noir des céréales, et voici ce qu'il écrit à ce sujet : « Le blé récolté, à grains gros et très renflés, donnait à la meunerie de la farine de mauvais goût, et que les consommateurs refusaient d'accepter. L'examen des grains montra qu'ils présentaient, à leur surface, des taches brunes placées le plus ordinairement en file dans la longueur du grain et

formant souvent de longues lignes brunes et, en outre, fréquemment de longues crevasses béantes. Sur les taches brunes, on pouvait distinguer aisément un mycélium à cellules courtes qui s'étendait, tant à la surface que dans la pellicule du grain, en se ramifiant et se bifurquant à maintes reprises. Il disloquait par place la pellicule, en se glissant entre ses cellules pour s'épanouir au dehors, et se formait ainsi une lame à peu près complète de pseudo-parenchyme. De place en place, cette lame de petites pelotes de stroma, d'où sortaient des filaments fertiles dressés présentant les caractères ordinaires du *Cladosporium herbarum*. A la surface du grain et surtout au voisinage des touffes de poils de son sommet, on trouvait, en outre des spores brunes simples et cloisonnées du *Cladosporium*, les formes diverses de cellules renflées et brunes qui s'isolent du mycélium, comme on le voit si fréquemment pour le *Cladosporium herbarum*, aussi bien que pour le *Fumago*. Dans bon nombre de cas, l'enveloppe du grain avait été disloquée et fendillée par le *Cladosporium* à un moment où il grossissait encore, et il s'était produit de grandes crevasses qui laissaient à nu l'intérieur du grain et l'exposaient aux intempéries et à la pénétration d'organismes étrangers. On comprend aisément que de tels grains avaient perdu toute leur valeur. »

En Algérie, les indigènes conservent leur blé dans des silos. Ces silos, en forme de bouteille, sont simplement creusés dans le sol où, grâce à l'humidité et à la chaleur, le grain trouve toutes les conditions nécessaires à une bonne fermentation. Le silos est généralement fermé à l'aide d'un peu de paille mise directement sur le blé, puis de dalles retenues par une entaille faite dans le col du silos et enfin par de la terre tassée jusqu'au ras du sol. Il existe toujours

un certain vide entre la dalle et la paille. La couche supérieure du blé, celle qui est en contact avec cette paille, ne tarde pas à germer sur une épaisseur de 5 à 10 centim. Ces germes s'entrelacent et forment un feutrage assez épais, une sorte de coiffe que l'on peut enlever toute d'une pièce. Le blé qui est en contact avec les parois et le fond du silos absorbe l'humidité et entre en fermentation. Il ne germe pas, car l'air y est en trop petite quantité et on sait que l'oxygène est absolument nécessaire pour la germination. De plus, cet air ne tarde pas à être remplacé par de l'acide carbonique et d'autres gaz dégagés pendant la fermentation du grain. Ceci explique aussi les précautions que prennent les indigènes pour vider un silos et avant d'y pénétrer.

Dans un silos arabe, il n'y a donc que le grain du milieu qui reste en bon état. Cependant la fermentation peut s'étendre à toute la masse du blé. C'est ce qui se produit assez souvent la première année à la suite de pluies trop fréquentes et si le sol renfermant le silos est trop perméable. Le blé qui est renflé et qui fermente porte alors le nom de *mechroub* (qui a bu). Ce nom est également donné au blé fermenté formé par la couche de grains en contact avec le sol dans le silos d'un an ou de moins d'un an. Ordinairement la fermentation ne s'étend à tout le grain que peu à peu et avec une vitesse variable avec le degré d'humidité et de chaleur, c'est-à-dire avec la nature du terrain dans lequel est creusé le silos.

Un silos de 15 ans peut encore avoir une certaine quantité de blé en bon état, mais ce cas est assez rare. En général, au bout de 7 à 8 ans, la couche en fermentation peut atteindre 15 à 20 centimètres. Cette couche de grains est recueillie avec soin : elle prend le nom de *mziyit*. Après 8 à

10 ans, le blé qui s'altère de plus en plus devient grisâtre, puis brunâtre et finit par se réduire en poussière ou forme une masse brune semblable à de l'encre desséchée. Quand le blé devient noirâtre, ce qui arrive souvent après un an ou deux ans de silos, par suite d'une trop grande humidité, il porte le nom de *latouag* (ancien). Enfin, dans certains silos le blé devient quelquefois *amer*. Un bon silos ne doit donc produire que du mziyt ; le latouag, le mechrub et le blé amer ne sont produits que par de mauvais silos. Cependant on rencontre assez souvent dans le même silos du latouag et du mziyt : le latouag formé par la couche de blé en contact avec le sol et le mziyt formé par la couche de blé en contact avec le latouag. Ce résultat est dû à la nature du terrain. Tels sont les quatre principaux blés fermentés qui nous intéressent et dont nous allons aborder l'étude.

II

LE MZIYIT

a) Définition et Description

Le mziyit est un blé fermenté que l'on trouve très souvent en Algérie sur les marchés arabes. Les indigènes le recherchent comme une friandise et le payent beaucoup plus cher que le blé sain. Chez eux, c'est un signe de bien-être que de posséder du mziyit. Il n'y a, en effet, que les Arabes de *grande tente*, les *kbar* (grands) qui conservent du blé en silos pendant plusieurs années, et partant, fabriquent du mziyit qu'ils consomment ou vendent. Les autres Arabes, par besoin ou par imprévoyance, n'attendent pas l'*âm char* (année de disette) pour vider leurs silos.

Le blé mziyit se présente sous forme de grains plus ou moins gonflés et ramollis dans le mziyit de 2 ou 3 ans, plus secs, déprimés et ridés dans le mziyit plus âgé. Le plus souvent les grains présentant ces deux aspects sont mélangés. Les grains renflés renferment un liquide épais, jaunâtre ou une pâte de même couleur; les grains déprimés et secs renferment une poudre jaunâtre. Dans les deux, l'enveloppe du grain se sépare facilement du reste. Cette enveloppe est constituée par l'épiderme jusqu'à la couche à produits protéiques dans les grains renflés; dans les autres, la

couche à produits protéiques a disparu. La coloration du mziyit est toujours plus foncée que celle du blé sain. Il exhale une forte odeur d'acide butyrique. Cette odeur est si pénétrante et si tenace, que les amateurs du mziyit la conservent très longtemps après leur corps et leurs vêtements et la répandent partout sur leur passage. C'est ce qui a fait dire que « certains Arabes sentaient le beurre rance ». La saveur du mziyit rappelle celle d'un fromage de Roquefort bien fait.

b) Etude chimique

Nous avons prélevé dans le même silos un échantillon de mziyit et un échantillon de blé sain. Ces échantillons ont été conservés dans des flacons en verre bien bouchés et soumis à des expériences comparatives. Avant de donner les résultats de ces expériences, nous allons indiquer les méthodes d'analyse que nous avons employées en les faisant suivre de quelques observations :

1° On pulvérise les grains dans un mortier de façon à obtenir une poudre très fine. Il est préférable de pulvériser les grains au fur et à mesure du besoin, car la poudre conservée dans un flacon, même bouché à l'émeri, perd toujours un peu d'humidité, ce qui fausse les résultats de l'analyse. Les grains renflés de mziyit fournissent une pâte qu'il est nécessaire de mélanger à du sable lavé pour la diviser complètement.

2° DOSAGE DE L'EAU. — Cinq grammes de poudre de blé sont pesés dans une capsule en platine et desséchés à l'étuve pendant deux heures. On maintient la température pendant

une heure à 50-60° et pendant une heure à 90-100°. De cette façon on évite, surtout pour le blé fermenté qui renferme beaucoup d'eau, la formation d'un empois qui gêne l'évaporation de l'eau des parties profondes. La perte de poids, multipliée par 20, donne la quantité d'eau pour 100 de substance.

3° DOSAGE DES CENDRES. — Les 5 grammes de blé ayant servi au dosage de l'eau sont incinérés jusqu'à ce que les cendres soient bien blanches. Le poids du résidu, multiplié par 20, donne la quantité de cendres pour 100 de substance.

4° DOSAGE DE LA MATIÈRE GRASSE. — 5 grammes de poudre de blé sont mis à digérer pendant trois heures avec 20 cc. d'éther dans un flacon bouché à l'émeri; on agite souvent le mélange; on jette sur un filtre et on lave le flacon et le résidu avec 10 cc. d'éther. Le liquide filtré est recueilli dans un petit matras. On distille l'éther et on achève de dessécher la matière grasse à l'étuve, à 40-50° pendant une demi-heure. Le poids du résidu, multiplié par 20, donne la quantité de matière grasse pour 100 de substance. Il faut bien se garder de dessécher la substance à 100° avant le traitement par l'éther ou le résidu, car on perdrait une partie des acides gras volatils (acide butyrique).

5° DOSAGE DE L'ACIDITÉ. — 5 grammes de poudre de blé sont introduits dans un flacon bouché à l'émeri. On ajoute 30 cc. d'alcool à 90°. On agite de temps en temps. Après 2 heures de contact, on filtre. On prélève 10 cc. de la liqueur filtrée que l'on titre, en présence de phénol phtaléine comme indicateur, avec une solution $\frac{N}{20}$ de potasse. L'acidité expri-

mée en acide sulfurique monohydraté pour 100 de substance est donnée par la formule :

$$x = n \times 3 \times 0.049$$

n étant le nombre de centimètres cubes de solution de potasse employé.

6° DOSAGE DE LA CELLULOSE. — On pèse 25 grammes de poudre de grains dans une capsule de porcelaine. On ajoute 150 cc. d'une solution aqueuse d'acide chlorhydrique à 5 % en agitant avec une baguette de verre pour éviter la formation de grumeaux. On fait bouillir pendant 20 minutes en agitant souvent jusqu'à ce qu'une goutte refroidie ne soit plus colorée par l'eau iodée. On jette sur un filtre sans plis, humecté d'eau distillée chaude. La filtration terminée, on lave le résidu et la capsule avec de l'eau chaude pour éliminer l'acide et on le laisse bien égoutter. Ensuite, on le détache avec soin du filtre et on le remet dans la capsule. On le traite alors à l'ébullition pendant 20 minutes par 100 cc. d'une lessive alcaline renfermant 100 grammes de potasse caustique pour 1.000 grammes d'eau. On agit avec une baguette de verre pour éviter une carbonisation sur les bords de la capsule. On filtre sur un filtre sans plis, humecté d'eau chaude. Dès que le liquide est passé, on rince la capsule avec un peu d'eau chaude que l'on verse sur le filtre et on continue les lavages à l'eau chaude avec une pissette en rassemblant à la fin la cellulose au fond du filtre et jusqu'à ce que l'eau de lavage ne soit plus alcaline. On laisse égoutter et on reprend les lavages avec de l'alcool à 90° et finalement avec un peu d'éther. La cellulose est alors détachée du filtre, étendue sur une lame de verre, desséchée pendant une heure à 100° et pesée.

Le résultat, multiplié par 4, donne la quantité de cellulose pour 100 de substance.

7° DOSAGE DES MATIÈRES RÉDUCTRICES EXPRIMÉES EN GLUCOSE.

— Pour doser les sucres et les dextrines, on agite dans un flacon 20 grammes de poudre de grains avec 150 cc. d'eau distillée. Après deux heures de contact et de fréquentes agitations, on filtre et on lave le résidu avec 50 cc. d'eau. Les liquides sont recueillis dans un ballon d'environ 500 cc. On ajoute 3 cc. d'HCl, on adapte un réfrigérant ascendant et on chauffe pendant trois heures. Après neutralisation de l'acidité par une solution de soude, on complète le volume à 250 cc. dans un ballon jaugé. On titre alors le glucose avec 10 cc. de liqueur de Fehling. La quantité de glucose pour 100 de substance est donnée par la formule :

$$x = 5 \times \frac{0,05 \times 250}{n}$$

n étant le nombre de cc. de solution employée.

8° DOSAGE DE L'AMIDON. — On pèse un 1/2 gramme de poudre de blé que l'on met dans un ballon d'environ 150 cc. On ajoute 50 cc. d'eau en lavant les parois du col du ballon, on ajoute 1 cc. d'acide chlorhydrique fumant et après avoir agité le mélange, on adapte le ballon à un réfrigérant ascendant. On chauffe pendant trois heures et de façon à entretenir juste l'ébullition. Au commencement, s'il se produit un peu de mousse, on éloigne alors le feu deux ou trois fois ou on souffle sur les parois du ballon jusqu'à ce que la mousse cesse de se produire, ce qui arrive au bout de peu de temps. Après trois heures d'ébullition, tout l'amidon est transformé en glucose. Après refroidissement, on verse le liquide dans

une fiole jaugée de 250 cc.; on lave le ballon, on neutralise la solution et on complète le volume de 250 cc.; on titre le glucose avec 10 cc. de Fehling. Le poids d'amidon pour 100 de substance est donné par la formule :

$$x = 200 \times 0,9 \times \frac{0,05 \times 250}{n} - p$$

n étant le nombre de cc. de solution employée et p le poids des matières réductrices trouvé dans le dosage précédent.

9° DOSAGE DE L'AZOTE TOTAL. — On dose l'azote par la méthode de Kjeldhal et de la façon suivante. Dans un ballon de 250 cc. environ, on introduit 1 gramme de poudre de blé, 20 cc. d'acide sulfurique concentré et 1 gramme de mercure métallique. On incline le ballon et on chauffe doucement jusqu'à une légère ébullition. La liqueur, d'abord noire, s'éclaircit peu à peu et finalement prend une couleur ambrée. Ce résultat est obtenu au bout d'une heure environ. On laisse refroidir et on ajoute avec précaution et peu à peu 100 cc. d'eau distillée. On verse le tout dans un ballon d'environ 1 litre et on rince le premier ballon plusieurs fois avec 100 cc. d'eau. On laisse de nouveau bien refroidir et on ajoute 100 grammes d'une solution de potasse caustique à 50 %, 20 grammes d'une solution à 10 % de monosulfure de potassium et quelques fragments de zinc en grenailles pour régulariser l'ébullition. On adapte de suite au serpentin d'un appareil d'Aubin. On fait bouillir et on recueille le produit distillé dans un vase conique d'Erlenmayer, contenant 20 cc. d'une solution $\frac{N}{10}$ d'acide sulfurique, quelques gouttes de phénol phtaléine et 20 cc. environ d'eau distillée. L'extrémité du tube effilé qui termine le réfrigérant ne doit

plonger que de 2 ou 3 millimètres dans le liquide de manière à limiter une absorption possible. On ne doit jamais observer de coloration rose du liquide, car cela indiquerait que l'on n'a pas assez mis de solution titrée acide. L'ébullition du ballon doit être bien réglée afin que la distillation ne se fasse pas trop vite, ce qui occasionnerait des pertes d'ammoniaque et un entraînement de gouttelettes de la liqueur. On arrête l'opération quand il a distillé 30 ou 40 cc. de liquide et on titre l'excès d'acide à l'aide d'une solution $\frac{N}{10}$ de potasse.

Soit n le nombre de cc. employé, la richesse en azote pour 100 de substance est donnée par la formule :

$$x = \frac{(20 - n) 0,0014}{p} \times 100$$

dans laquelle p représente le poids de la prise d'essai. Le poids d'azote trouvé, multiplié par 6,25, donne la proportion pour 100 de matières azotées totales.

A défaut d'appareil d'Aubin, on peut se servir d'un appareil à distillation quelconque en verre. Nous nous servons d'un réfrigérant d'Allihn, avec condensateur intérieur à boules. La partie supérieure est réunie au ballon par un tube abducteur à deux courbures assez long. La partie inférieure plonge dans la solution titrée acide directement ou à l'aide d'un tube effilé. Ce tube peut plonger hardiment dans la solution sans qu'on ait à craindre les suites désagréables d'une absorption. Cette absorption se produit du reste toujours, mais elle est limitée par les boules du réfrigérant et elle empêche toute perte d'ammoniaque. A la fin, quand le liquide qui distille ne rougit plus en arrivant au contact de la solution titrée, on abaisse celle-ci de façon que le tube

effilé n'y plonge plus et on laisse distiller encore un peu de liquide pour laver le tube. Avant la distillation, on doit éviter de mettre de la potasse caustique en morceaux pour saturer l'acide, car il faut un certain temps pour la dissoudre, d'où perte d'ammoniaque. De plus, si on ajoute le sulfure avant que l'acide soit complètement saturé, on aura un dégagement d' H^2S qui faussera les résultats. Il est préférable de mettre quelques gouttes de phtaléine dans la solution acide, puis de verser peu à peu une solution de KOH jusqu'à réaction franchement alcaline. On évite ainsi de verser un excès de potasse qui donnerait en présence du Zn un dégagement abondant d' H qui entraînerait des gouttelettes de lessive, même avec des appareils de sûreté.

10° DOSAGE DES MATIÈRES AZOTÉES SOLUBLES ET INSOLUBLES.—

On prend 1 gr. de poudre de grains que l'on introduit dans un petit matras avec 50 cc. d'eau distillée. Après une heure de contact, on filtre et on lave le résidu à l'eau distillée sur le filtre jusqu'à ce que cette eau n'entraîne plus de matières. On recueille le résidu dans une capsule; on le dessèche à l'étuve et on opère sur ce résidu comme pour le dosage de l'azote total. Le poids d'azote trouvé, multiplié par 6,25, donne la proportion pour 100 de matières azotées insolubles dans l'eau. Si on retranche ce poids du poids des matières azotées calculées d'après l'azote total, on a le poids des matières azotées solubles.

11° DOSAGE DU GLUTEN. — Avec 20 gr. de poudre de grains et un peu d'eau, on fait dans un mortier une pâte ferme. On la laisse une heure au repos, puis on la malaxe avec les doigts sous un mince filet d'eau de façon à éliminer complè-

tement les substances étrangères. On observe les qualités du gluten. On pèse le gluten humide, puis on l'étend sur une lame de verre et on le dessèche pendant 8 heures à 100°. On pèse. Les résultats, multipliés par 5, donnent la proportion de gluten humide et sec pour 100 de substance.

12° DOSAGE DE L'ALBUMINE. — On met dans un flacon 10 gr. de poudre de blé avec 100 cc. d'eau distillée. On agite souvent et après une heure de contact on filtre. On met 50 cc. de cette solution dans une capsule de porcelaine et on conserve le reste. On porte à l'ébullition pendant 1 ou 2 minutes. On jette sur un double filtre taré préalablement mouillé d'eau distillée. On met de côté le liquide filtré et on lave le précipité à l'eau distillée chaude, puis à l'alcool à 90° qui enlève les matières colorantes. Le filtre est essoré à l'aide de papier buvard, porté à l'étuve à 100° pendant une 1/2 heure et pesé. Le résultat, multiplié par 20, donne la quantité d'albumine p. 100 de substance. A propos d'albumine végétale, nous trouvons dans le dictionnaire de Wurtz comme définition : « substances protéiques non précipitables par les acides étendus et coagulables par la chaleur seule », et comme procédé d'analyse : « on isole l'albumine végétale contenue dans la farine des céréales et des autres grains en acidulant légèrement avec l'acide acétique l'extrait aqueux de la farine, après dépôt complet de l'amidon. Le liquide, filtré au besoin, est porté et maintenu à l'ébullition et les flocons d'albumine qui se séparent sont recueillis sur un filtre, puis lavés à l'eau, à l'alcool et à l'éther. L'eau mère renferme encore des substances protéiques que l'on peut précipiter par l'acétate de cuivre et la potasse en même temps que du phosphate de cuivre ou séparer par évapo-

ration. Oudemans a trouvé ainsi dans la farine 0.26 à 0.30 % d'albumine coagulable par la chaleur et 1.55 à 1.90 % de matières albuminoïdes non coagulables. » Comme on le voit, nous n'avons pas suivi cette dernière méthode; nous nous sommes tenu simplement à la définition précitée et voici pourquoi. L'extrait aqueux de farine de blé, obtenu suivant notre méthode, porté à l'ébullition, donne un précipité blanc d'albumine végétale. Ce précipité est en partie soluble dans l'acide acétique ou trichloracétique. L'extrait aqueux de mziyit donne dans les mêmes conditions un précipité totalement soluble. Il faut donc se servir de la chaleur seule et éviter d'ajouter de l'acide acétique à l'extrait aqueux. Du reste ces extraits sont déjà acides, surtout celui du mziyit.

13° EXTRAIT AQUEUX. — On prélève 20 cc. de la solution mise de côté dans le dosage de l'albumine. On évapore dans une capsule tarée au bain-marie, on dessèche à l'étuve à 100° pendant une 1/2 heure et on pèse. Le résultat, multiplié par 50, donne la quantité d'extrait aqueux p. 100 de substance.

14° RECHERCHE DES PEPTONES ET DES ALBUMOSES. — On sait que les peptones résultent de la dislocation progressive par hydratation de la molécule albuminoïde et que chaque type d'albuminoïde donne une peptone spéciale. On a ainsi l'albumine-peptone, la fibrine-peptone, la caséine-peptone, la myosine-peptone, etc... Toutes ces peptones sont insolubles dans l'acool, l'éther et le chloroforme, elles sont solubles dans l'eau; elles ne donnent pas de précipité avec les acides chlorhydrique, acétique, azotique et précipitent par le sous-acétate de plomb, le tannin, l'acide picrique

(réactif d'Esbach) et l'iodo-mercure de potasse (réactif de Tanret). Dans le cas qui nous occupe, il suffit de rechercher la présence d'albuminoïdes solubles (peptones-albumoses) à l'aide de la réaction du biuret dans le liquide filtré et mis de côté au moment du dosage de l'albumine. Cette réaction peut être obtenue en ajoutant au liquide préalablement neutralisé, 4 ou 5 gouttes de Fehling qui renferme l'alcali et le sel de cuivre nécessaire à la réaction, c'est-à-dire à la production d'une coloration rouge violacée. Cette réaction ne se produit pas même en présence de peptones si la liqueur renferme du sulfate d'ammoniaque dont on se sert quelquefois pour la précipitation des albuminoïdes. En effet, en présence du sulfate d'ammoniaque, la liqueur de Fehling ou le sulfate de cuivre sont simplement décolorés.

Pour distinguer les peptones des protéoses ou albumoses, on se sert des réactions suivantes : une solution de peptone renfermant du sulfate d'ammoniaque à saturation ne précipite pas par l'ébullition ; on obtient un précipité avec une solution d'albumose. De plus, les solutions d'albumose donnent avec l'acide nitrique un précipité soluble à chaud et reparaissant par refroidissement ; la réaction est identique en présence du chlorure de sodium et de l'acide acétique.

15° RECHERCHE DE L'ALCOOL. — On prend une certaine quantité de mziyit réduit en poudre ; on la met dans un flacon avec de l'eau distillée et on laisse en contact environ une heure en agitant fréquemment ; on neutralise par addition d'eau de chaux ; on distille et on recherche la présence de l'alcool par la réaction de l'iodoforme dans les premiers cc. qui passent.

Résultats des Analyses
Calculés pour 100 grammes de grains

	BLÉ	MZIYIT	BLÉ	MZIYIT	BLÉ	MZIYIT	BLÉ	MZIYIT
Age		Echantil. prélevé sur le marché	1 an	1 an	3 ans	3 ans	4 ans	4 ans
Nom du blé		Hached	Hached	Hached	Hached	Hached	Hached	Hached
Eau		34.50	13.50	33.00	14.30	34.68	14.60	35.43
Cendres		1.65	1.945	1.70	1.94	1.75	1.95	1.77
Matières grasses		1.45	1.93	1.35	1.86	1.40	1.78	1.46
Acidité		0.75	0.139	0.61	0.447	0.785	0.157	0.788
Cellulose		2.00	3.52	2.45	3.076	2.06	2.952	1.872
Matières réductrices		3.46	3.957	3.597	3.831	3.60	3.787	3.048
Amidon		44.25	62.83	48.30	62.53	45.18	62.383	41.952
Matières azotées totales ..		8.05	10.56	8.090	10.55	8.062	10.597	6.737
Matières azotées solubles ..		1.54	1.372	1.06	1.453	1.57	1.510	1.487
Matières azotées insolubles		6.51	9.188	7.03	9.097	6.492	9.087	5.25
Gluten sec		Néant	9.00	Néant	8.90	Néant	8.866	Néant
Albumine		0.46	0.70	0.55	0.75	0.42	0.76	0.30
Extrait aqueux		8.75	8.40	8.35	8.12	8.70	8.25	8.95
Peptones		Présence		Présence		Présence		Présence
Albumoses		Présence		Présence		Présence		Présence
Alcool		Néant		Présence		Présence		Présence

Hached est le nom que donnent les indigènes au blé que l'on rencontre dans le commerce, c'est-à-dire au blé marchand. Le plus souvent ce blé est un mélange de plusieurs races de blé dur, généralement deux. Ces différentes races se distinguent par la forme de leur grain, de leur épi, la coloration de leurs glumes, etc., et portent toutes un nom différent. Il y a ainsi le *Hamma* (rouge), le *Mahmoudi*, le *Mohand el Bachir* (blé de Médéa), le *Hedba*, le *Merouani*, etc.

Le *Hached*, dont nous avons fait l'analyse, était formé dans les grains d'un an et de quatre ans par du Mahmoudi et du Mohand el Bachir, et dans celui de trois ans par du Hedba et du Mohand el Bachir.

Si l'on compare les résultats portés dans le tableau précédent, on voit qu'à poids égal le mziyit renferme beaucoup plus d'eau (environ 2 fois $1/2$) que le blé; qu'il est plus pauvre en cendres, en matières grasses, en cellulose, en matières réductrices, en amidon, en matières azotées insolubles et en albumine; qu'il est plus riche en matières azotées solubles et que son acidité est toujours plus forte. De plus, son gluten a été totalement modifié; il est impossible de le réunir et de le séparer de la pâte faite pour son dosage; quand on malaxe cette pâte sous un filet d'eau, il ne reste plus entre les doigts que le son.

Si l'on veut maintenant comparer ces résultats au point de vue des diverses transformations ou modifications éprouvées par les matières composant le grain de blé sous l'influence des fermentations, il faut rapporter ces résultats à 100 de blé et 100 de mziyit, mais pour ce dernier après déduction faite de l'excédent d'eau sur le blé naturel. Nous obtenons alors le tableau suivant :

	BLÉ	MZIYIT	BLÉ	MZIYIT	BLÉ	MZIYIT
Age.....	1 an	1 an	3 ans	3 ans	4 ans	4 ans
Eau.....	13.50	13.50	14.30	14.30	14.60	14.60
Cendres.....	1.945	2.11	1.94	2.19	1.95	2.23
Matières grasses.....	1.93	1.67	1.86	1.75	1.78	1.84
Acidité.....	0.139	0.75	0.147	0.98	0.157	0.99
Cellulose.....	3.52	3.04	3.076	2.58	2.952	2.36
Matières réductrices.....	3.957	4.46	3.831	4.52	3.787	3.84
Amidon.....	62.83	60.00	62.53	56.74	62.383	52.98
Matières azotées totales.....	10.56	10.04	10.55	10.125	10.597	8.50
Matières azotées solubles.....	1.372	1.310	1.453	1.972	1.510	1.870
Matières azotées insolubles ..	9.188	8.73	9.097	8.153	9.087	6.63
Gluten sec.....	9.00	néant	8.90	néant	8.866	néant
Albumine.....	0.70	0.68	0.75	0.52	0.76	0.38
Extrait aqueux.....	8.10	10.37	8.12	10.92	8.25	11.30

Discutons maintenant ces résultats :

1° Dans le mziyit d'un an, de trois ans et de quatre ans, les cendres semblent avoir augmenté, mais cette légère augmentation provient simplement des petites parcelles de terre qui souillent les grains qui sont en contact avec le sol.

2° Les matières grasses ont diminué dans le mziyit d'un an et de trois ans, et augmenté dans celui de quatre ans. En réalité, la diminution existe dans les trois cas et elle est plus forte que ne l'indique le résultat, car la matière grasse retirée du mziyit est très acide (acide butyrique), et nous n'avons pas tenu compte de cette acidité dans le calcul des résultats. Cet acide butyrique provient de la fermentation de la cellulose, de l'amidon ou du gluten. D'après les travaux de M. Balland, la matière grasse diminue à mesure que les farines vieillissent, et finit même par disparaître à peu près complètement. Comme on le voit, nos résultats

pour les blés confirment donc simplement ceux obtenus par M. Balland.

3° D'après M. Balland, l'acidité augmente dans les grains avec le temps. Elle peut s'élever de 0 gr. 02 à 0,07 p. 100 pour les blés durs. Nous trouvons pour le blé de silos une acidité assez élevée : 0,13 à 0,15 p. 100. Ce blé, en passant à l'état de mziyit, devient encore plus acide. Le mziyit d'un an nous donne 0,75 p. 100 d'acidité, celui de 3 ans 0,98, et celui de 4 ans, 0,99. L'acidité augmente donc dans de fortes proportions : 0,61 à 0,83 p. 100. Elle est donnée par les acides acétique, butyrique, etc., qui ont pris naissance pendant la fermentation du gluten, de la matière grasse, de l'amidon et des matières réductrices.

4° Dans le mziyit, la quantité de cellulose diminue notablement. Dans celui d'un an, la perte est de 0,48 p. 100, dans celui de 3 ans elle est de 0,496 et elle est de 0,59 dans celui de 4 ans. Comme on le verra plus loin, la cellulose a été détruite par les bactéries.

5° Les matières réductrices augmentent dans les trois cas. Dans le mziyit d'un an, l'augmentation est de 0,50 p. 100, dans celui de 3 ans, 0,639, et dans celui de 4 ans, 0,053. Cette augmentation provient certainement de la transformation de l'amidon en dextrines et glucose. Dans le mziyit de 4 ans, l'augmentation est moindre que dans les deux autres. Cela tient probablement à ce que ces matières réductrices ont déjà été en partie détruites par les fermentations.

6° L'amidon a diminué de 2,83 p. 100 dans le mziyit d'un an, 5,79 dans celui de 3 ans et 9,40 dans celui de 4 ans. Cette perte provient de la fermentation de l'amidon, c'est-à-dire de sa transformation en dextrines, glucose, acides et alcool. Si la proportion d'amidon disparue ne correspond

pas à la proportion des matières réductrices formées, c'est que ces matières fermentent au fur et à mesure de leur formation.

7° Les matières azotées totales ont diminuée de 0,52 p. 100, 0,425 et 2,097 dans le mziyit d'un an, de 3 ans et 4 ans, par suite certainement de l'action des microorganismes. Comme on peut le voir, cette diminution porte surtout sur les matières azotées insolubles qui tendent à se transformer en matières azotées solubles. On sait, en effet, que sous l'influence des ferments, les matières albuminoïdes se décomposent par hydratation en dérivés amidés (leucine, tyrosine, etc.), en acides gras volatils, en ammoniacque et ammoniacques composées (éthylamine, propylamine, amylamine, etc.), acide carbonique, hydrogène sulfuré, etc. De sorte qu'en résumé, « la matière organique initiale se réduit à ses éléments minéraux qui restent, et à des matières gazeuses qui ont passé dans l'air pour y recommencer une nouvelle série de pérégrinations. » (Duclaux.)

8° Le gluten n'existe plus ou plutôt il est impossible de le réunir, car sous l'influence des bactéries il a fermenté et s'est liquéfié.

9° L'albumine a diminué de 0,02, 0,23 et 0,38 dans le mziyit d'un an, 3 ans et 4 ans. Cette diminution provient de la destruction de l'albumine par la fermentation, cette albumine se transformant probablement en albumose.

10° L'extrait aqueux augmente respectivement de 2,27 p. 100, 2,80 et 3,05 dans le mziyit d'un an, 3 ans et 4 ans. C'est un des résultats principaux de la fermentation des substances composant le grain de blé; les substances insolubles plus ou moins complexes tendent à passer à l'état de substances solubles plus simples sous l'influence des diastases sécrétées par les microorganismes

Nous avons constaté dans le mziyit par les procédés indiqués plus haut, la présence de très petites quantités de peptones, d'albumoses et d'alcool. Les peptones et albumoses proviennent certainement de la fermentation du gluten et de l'albumine, et l'alcool de la fermentation du glucose. A propos du dosage de l'albumine, nous avons fait observer que l'albumine du mziyit était totalement soluble dans l'acide acétique ou trichloracétique. Il est assez curieux de voir l'albumine insoluble dans l'acide acétique transformée par la fermentation en albumine soluble. Du reste la transformation semble déjà avoir commencé dans le blé analysé, puisque nous avons constaté qu'une partie du précipité obtenu par la chaleur se dissolvait dans l'acide acétique. Quant à la différenciation de ces albumines, nous sommes à ce sujet de l'avis de M. E. Harnack, qui dit, en parlant de l'albumine pure, exempte de sels : « Le produit obtenu ne se coagule pas par la chaleur ; on peut le dessécher à $+100^{\circ}$; le reprendre par l'eau et porter la liqueur à l'ébullition, sans apercevoir trace de coagulum. L'alcool, l'éther, le phénol, le tannin, précipitants habituels de l'albumine ordinaire, restent aussi sans action ; il n'en est pas de même des acides et des sels minéraux, qui coagulent toujours. Débarrassée de la presque totalité des matières inorganiques qu'elle renferme naturellement, l'albumine perd donc la plus caractéristique de ses propriétés ; mais elle la retrouve rapidement au contact d'un sel neutre, etc. » Et plus loin : « Il faut en conclure que les classifications actuelles des matières protéiques sont artificielles, puisqu'un sel minéral suffit pour changer des réactions regardées comme spécifiques. »

Recherche des diastases oxydantes ou oxydases

Au cours de nos analyses, nous avons remarqué que le gluten exposé à l'air brunissait peu à peu. Cette coloration ne se produit qu'à la surface, l'intérieur du gluten conserve sa coloration primitive. Ce phénomène est surtout facile à observer avec le gluten blanc du blé tendre. Nous nous sommes demandé si ces phénomènes de coloration n'étaient pas dus à l'intervention d'un ferment oxydant et nous avons recherché la présence de ce ferment dans le blé et dans le mziyt.

Gabriel Bertrand a donné aux corps capables de fixer directement l'oxygène de l'air sur certains corps organiques, aux ferments oxydants, le nom général d'oxydases. Ce sont ces ferments solubles spéciaux, ces diastases oxydantes qui font brunir à l'air les sucres de pommes de terre, de navets, de pommes et qui font également brunir ou noircir par la dessiccation certaines plantes. Pratiquement on caractérise la présence de l'oxydase à l'aide de la teinture fraîche de résine de gaïac; l'oxydation de l'acide gaïaconique contenu dans le gaïac provoque l'apparition d'une coloration bleue. D'après Eœw les oxydases seraient au nombre de trois:

1° L'*oxydase*, capable de produire directement la coloration bleue de la teinture de gaïac;

2° La *peroxydase*, qui produit cette coloration bleue seulement en présence du peroxyde d'hydrogène;

3° La *catalase*, capable seulement de décomposer le peroxyde d'hydrogène en oxygène et eau.

Les oxydases sont détruites par la chaleur de 65° à 100° et leurs cendres renferment toujours du fer et du manganèse.

Gabriel Bertrand a montré que les oxydases étaient des combinaisons de manganèse avec des matières organiques particulières.

Pour rechercher ces oxydases, nous avons traité une macération de poudre de blé dans l'eau distillée par quelques gouttes de teinture de gaïac fraîche. Nous avons obtenu une coloration bleue. Si on ajoute un peu de peroxyde d'hydrogène, la coloration bleue augmente d'intensité. Cette réaction ne se produit pas si on fait bouillir la macération. De plus, on sait que les cendres du blé renferment de petites quantités de fer et de manganèse (0 gr. 15 à 1 gr. 36 p. 100). Le blé renferme donc une oxydase. Les flocons blancs de matières azotées qui flottent dans la macération se colorent beaucoup plus que le liquide. Il semble donc qu'ils fixent la plus grande partie de l'oxydase. Nous avons extrait le gluten du blé. Ce gluten, traité comme la macération, nous a donné une coloration bleue intense qui se fixe après lui d'une façon remarquable. Des lavages répétés à l'eau ne lui enlèvent qu'une très petite quantité de ferment. Nous pouvons donc dire que, si le gluten brunit au contact de l'air, c'est, comme pour les plantes, grâce à la présence d'un ferment oxydant. L'activité de l'oxydase ne change pas beaucoup avec le temps et les blés d'un an et de quatre ans nous ont donné des réactions à peu près identiques. Il n'en est pas de même avec le mziyit. Celui d'un an nous a fourni une coloration bleue très claire, mais nous n'avons obtenu qu'une teinte grise avec celui de quatre ans. La fermentation a donc détruit dans ce blé une partie de l'activité de l'oxydase comme elle a détruit le gluten.

Nous avons essayé de localiser l'oxydase dans le grain de blé. Après quelques tâtonnements, voici le procédé qui nous

a donné les meilleurs résultats. On fait tremper les grains de blé dans de l'eau pendant environ 6 heures. De cette façon, ils ne sont ni trop durs ni trop mous et permettent d'obtenir de très bonnes coupes. On fait tomber ces coupes directement dans la teinture de gaïac bien fraîche où elles ne tardent pas à se colorer en bleu. On les examine au

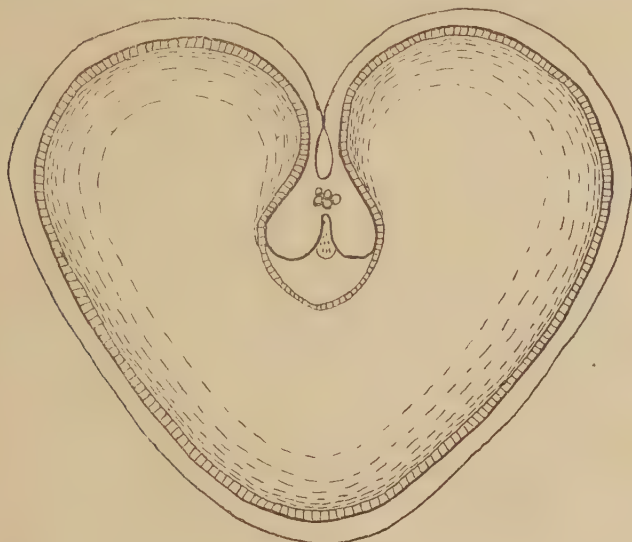


FIG. A

microscope et on note les zones colorées en bleu. Tout en continuant l'examen, on fait pénétrer sous la lamelle couvre-objet un peu de peroxyde d'hydrogène. En arrivant au contact de la coupe, le peroxyde se décompose et on aperçoit un dégagement de bulles de gaz (oxygène). Les parties de la coupe colorées en bleu se foncent rapidement et donnent un précipité bleu foncé. L'oxydase est ainsi localisée. Dans le blé, l'oxydase est localisée dans l'albumen à la périphérie. Elle forme contre l'assise protéique une couche d'environ un quart de l'albumen (*fig. A*). Cette couche n'existe pas

autour du repli formé au fond du sillon longitudinal qui existe sur la face ventrale du grain de blé. Le centre de l'albumen ne renferme pas non plus d'oxydase. La coloration bleue va en diminuant de l'extérieur à l'intérieur, c'est-à-dire qu'elle est beaucoup plus forte contre l'assise protéique que vers le centre de l'albumen.

c) Etude micrographique

Nous avons fait des coupes transversales de blé sain et de mziyt. Le blé sain des silos donne une coupe présentant (*fig. 1*) :

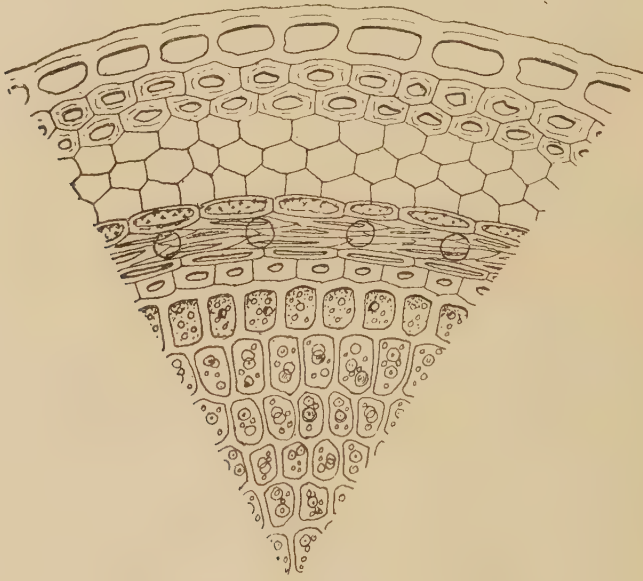


FIG. 1

- 1° Un épiderme formé de cellules à parois épaisses ;
- 2° Un hypoderme formé de cellules à parois plus ou moins sclérifiées ;

3° Une couche de cellules allongées ou cellules transversales à parois ponctuées contre laquelle on observe un certain nombre de cellules en forme de tube (cellules tubulaires);

4° Une enveloppe brune composée de cellules renfermant une substance brune qui colore la préparation ;

5° Une couche de cellules hyalines ;

6° Une couche de cellules renfermant des grains d'aleurone très réfringents, agglomérés dans un réseau de protoplasma huileux jaune clair ; c'est l'assise protéique ;

7° Un albumen constitué par des cellules polygonales remplies de grains d'amidon mélangés à une matière granuleuse azotée représentant le gluten.

Les éléments 1, 2 et 3 forment l'enveloppe du fruit et les éléments 4, 5, 6 et 7 forment la graine. Comme on le voit cette coupe n'offre rien de particulier.

Une coupe d'un grain de mziyit nous montre les mêmes éléments que ceux observés dans la coupe du blé sain. Cependant, les parois des cellules de l'albumen ont presque totalement disparu. Il en reste quelques débris fixés à l'assise protéique (*fig.* 2). Les parois du grain de blé forment donc un espèce de petit sac plein d'un liquide épais et jaune. Ce liquide, examiné au microscope, nous montre la présence de quelques bactéries mobiles au milieu des grains d'amidon, quelques-uns de ces grains sont attaqués et apparaissent dentés ou crénelés. L'embryon du grain est en partie détruit. Dans la partie constituant le fond de la fente qui existe sur la face ventrale, les téguments sont en partie détruits. L'assise protéique est détruite ainsi que l'assise hyaline ; le repli de tissu dense formé par le tégument coloré, ainsi que le faisceau fibro-vasculaire qui se trouve dans la

lame de parenchyme séparant le mésocarpe du tégument coloré, sont respectés.

Une coupe d'un grain de mziyit déprimé et ridé, c'est-à-dire plus âgé que le mziyit renflé, nous montre un épiderme et un hypoderme détruits en certains points. La destruction de ces tissus va de la circonférence au centre. A l'intérieur,

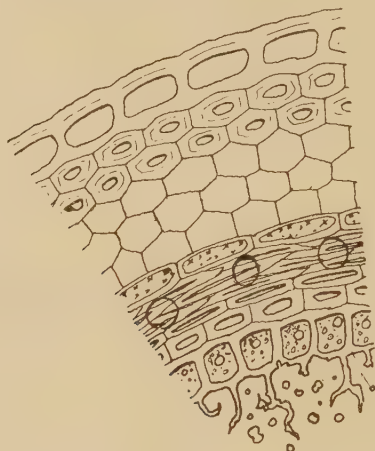


FIG. 2

non seulement les parois des cellules de l'albumen ont disparu, mais aussi la couche à aleurone et la couche à cellules hyalines (*fig. 3*). A certain endroits, la corrosion s'étend jusqu'aux cellules transversales. Il ne reste donc que l'enveloppe du fruit renfermant une poudre jaunâtre. Cette poudre, examinée au microscope, montre des grains d'amidon de formes très variées. La plupart de ces grains sont attaqués ; quelques-uns sont presque coupés en deux et ont l'apparence d'un haltère (*fig. 4*) ; la corrosion se fait donc d'une façon très inégale et par l'extérieur. Au milieu de ces grains d'amidon, on aperçoit de nombreuses bactéries en forme de bactérium, seules ou formant des chaînes et de longs fila-

ments articulés. On aperçoit également quelques éléments bien ronds (probablement des spores) et quelques autres en forme de clou. Les téguments du fond de la fente du grain sont encore plus attaqués que dans le mziyit renflé.



FIG. 3

De ces examens, il résulte que, dans le mziyit, ce sont les membranes des cellules de l'albumen et des cellules de l'em-

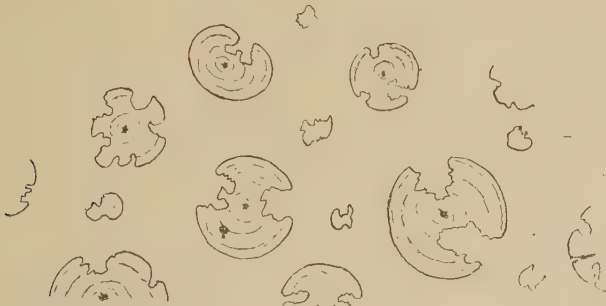


FIG. 4

bryon qui sont les premières attaquées. Cela n'a rien d'étonnant, car la cellulose de ces tissus mous résiste moins facilement à l'action des bactéries que la cellulose sclérifiée ou cuticularisée des autres tissus formant l'enveloppe du

fruit. L'amidon semble être attaqué après la dissolution des cellules de l'albumen. Aussi, il n'est pas rare de trouver dans le vieux mziyt des grains ne présentant plus que l'enveloppe du fruit. Les bactéries pénètrent dans le grain, probablement par le sillon, car c'est dans cette région que les tissus sont le plus corrodés.

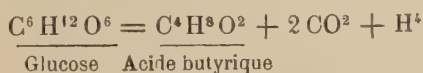
d) Etude bactériologique

Procédés de recherche. — Nous avons isolé les microorganismes du mziyt à l'aide de la méthode établie par Koch, c'est-à-dire celle des cultures en milieu solide et par ensemencement indirect dans le milieu préalablement liquéfié. Pour l'ensemencement, nous avons prélevé aseptiquement une parcelle de l'intérieur d'un grain de mziyt renflé et d'un grain de mziyt sec. Nous avons délayé ces parcelles de grains dans un peu d'eau distillée, stérilisée, et nous avons pratiqué les ensemencements avec une goutte de ce mélange. Nous nous sommes servi comme milieux de culture de gélatine peptone et de gélose peptone et comme récipients de boîtes de Pétri. Ces boîtes ont été placées à l'étuve à 18-20° et 30°. Dans une première série d'expériences, nous avons étudié les germes aérobies et dans une seconde série les germes anaérobies. Pour l'étude des anaérobies, nous avons mis les boîtes de Pétri, dans un dessiccateur de Schiff à robinet. Nous avons fait le vide et nous avons remplacé l'air par une atmosphère d'acide carbonique, de façon à nous rapprocher des conditions de développement des bactéries dans les silos. Les cultures ont été examinées tous les jours pendant une vingtaine de jours. En opérant ainsi, nous avons trouvé dans le mziyt et isolé deux espèces de bac-

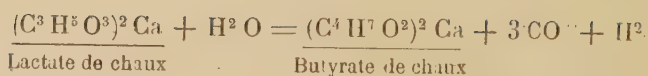
téries : une anaérobie et l'autre anaérobie et aérobie. Elles se rencontrent aussi bien dans le mziyt renflé que dans le mziyt sec.

1° ESPÈCE ANAÉROBIE. — L'apparition des colonies se fait à 18-20°, sur gélatine, le septième jour. Les colonies sont grisâtres, la gélatine ne tarde pas à se liquéfier autour des colonies, puis la liquéfaction s'étend à toute la gélatine. Sur gélose à 30°, les colonies apparaissent le cinquième jour sans liquéfaction du milieu. Toutes ces cultures sentent l'acide butyrique. Au microscope, on observe des éléments mobiles de 2 à 3 μ de long sur 1 μ 1/2 de large. Ces éléments sont des bâtonnets à extrémités arrondies. Ils sont réunis et forment des chaînes assez longues ou des filaments qui semblent articulés. Dans les vieilles cultures, on observe des éléments en forme de massue; c'est la formation des spores qu'on peut mettre en évidence par l'iode ou la solution de Ziehl.

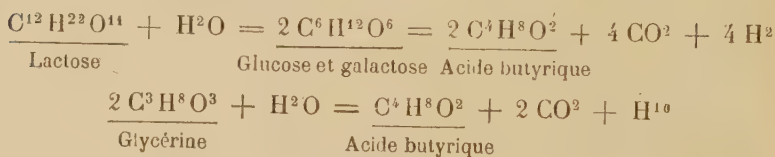
Les cultures sur pomme de terre, dans une macération de poudre de blé, dans le glucose, le lactose, la glycérine, le lactate de chaux, donnent naissance, après quelques jours, à 35°, à de l'acide butyrique et à un dégagement gazeux. La cellulose de la pomme de terre ou du blé est certainement dissoute à l'aide d'une diastase sécrétée par la bactérie et transformée d'abord en dextrines, puis en glucose, qui subit alors la fermentation butyrique. Pour le glucose, l'équation de cette fermentation est la suivante :



pour le lactate de chaux, l'équation devient :



et pour le lactose et la glycérine :



A côté des produits principaux, il se forme, comme dans toutes les fermentations, des traces de produits secondaires, tels que l'acide acétique, l'acide valérique, l'acide propionique, l'alcool butylique, etc., dont nous n'avons pas tenu compte dans les précédentes équations. On voit que la matière fermentescible se transforme par oxydation et réduction dans sa molécule en produits plus riches en oxygène, comme l'acide carbonique, et en produits plus pauvres en oxygène (acide butyrique) que le composé initial.

On voit, d'après ce qui précède, que ce ferment anaérobie est un simple ferment butyrique, que nous croyons identique au vibrion butyrique de Pasteur ou au bacillus amylobacter de Trécul et Van-Tieghem. En effet, Pasteur décrit son ferment de la façon suivante : « Le ferment butyrique est constitué par de petites baguettes cylindriques, arrondies à leurs extrémités, ordinairement droites, isolées ou réunies par chaîne de 2, 3, 4 articles et même davantage. La largeur de ces bâtonnets est en moyenne de 2 millièmes de millimètre et la longueur des articles isolés varie de 2 à 20 millièmes de millimètre. Ces organes s'avancent en glissant. Pendant ce mouvement, leur corps reste rigide ou éprouve de légères ondulations ; ils pirouettent, se balancent et font

trembler leurs extrémités ; souvent ils sont recourbés. Ces êtres singuliers se reproduisent par scissiparité. » L'amylobacter, d'après Trécul et Van-Tieghem, est un bâtonnet de $3\ \mu$ à $10\ \mu$ de long sur $1\ \mu$ de large, à extrémités arrondies, mobiles, anaérobies et dont les cellules à spore prennent l'aspect d'un fuseau, d'un battant de cloche. Il fermente les sucres, le lactate de chaux et la cellulose. C'est l'agent principal de la digestion du fourrage par les ruminants et des grains par les oiseaux. Van-Tieghem dit : « Il n'y a qu'un état où toutes les cellules de toutes les plantes aient toutes leurs membranes, si épaissies qu'elles puissent être, également dissoutes par l'amylobacter, c'est l'état d'embryon. Ce qui résiste, c'est d'abord toute membrane où, par les progrès de l'âge, la cellulose s'est transformée ou incrustée, cutifiée (cuticule), ou subérifiée (liège, périderme, endoderme), ou lignifiée (fibres ou vaisseaux du bois, cellules scléreuses), ou minéralisée (cellules à membrane siliceuse ou calcaire). Cependant, quand elle est gélifiée (ascococcus, nostoc), la matière gélatineuse peut être dissoute et décomposée par l'amylobacter. Ce qui résiste encore, ce sont plusieurs tissus où la cellulose s'est pourtant conservée pure, comme les fibres du liber (on extrait les fibres textiles par le rouissage, c'est-à-dire par l'action en grand des amylobacter), comme les laticifères (on les sépare par la macération, qui est encore l'œuvre des amylobacter), comme la moelle des tiges à partir d'un certain âge, etc. Ce qui est dissous, au contraire, dans une plante phanérogame aérienne, outre l'embryon, l'albumen et les jeunes extrémités des tiges et des racines qui disparaissent en entier, c'est le parenchyme séveux de l'écorce, de la moelle jeune, des feuilles, des fleurs et des fruits ; ce sont les divers éléments

du bois mou, du liber mou et du cambium ; c'est le parenchyme de réserve des tubercules, rhizomes et bulbes, etc.» Dans l'étude micrographique du mziyt, nous avons vu que les cellules de l'embryon et de l'albumen étaient détruites : c'est bien là l'œuvre de notre ferment butyrique et cela le rapproche encore davantage, pour ne pas dire l'identifie à l'amylobacter. Notre ferment est, au contraire, différent des autres ferments butyriques étudiés jusqu'à ce jour et dont nous allons énumérer brièvement les caractères :

1° *Bacillus butylicus* de Fitz (1882) : isolé de la fiente de vache ; largeur $2\ \mu$; longueur variable ; spores ovales ; éléments mobiles ; anaérobie ; intervertit la saccharose ; fermente la glycérine, le sucre, la mannite pour donner de l'alcool butylique et de l'acide butyrique ; sans action sur l'amidon et le lactose ; ne liquéfie pas la gélatine.

2° *Bacille amylozyme* de Perdriz (1891) : isolé des eaux de la Seine ; largeur $0,5\ \mu$; longueur 2 à $3\ \mu$; éléments mobiles ; donne des spores ; anaérobie ; fermente le glucose ; la saccharose, le lactose, l'amidon pour donner de l'acide butyrique et de l'acide acétique ; sans action sur la cellulose et le lactate de chaux ; il ne donne pas d'alcool butylique ; il ne liquéfie pas la gélatine.

3° *Bacillus butyricus* de Botkin (1892) : isolé d'eaux diverses ; largeur $0,5\ \mu$; longueur 1 à $3\ \mu$; anaérobie ; fermente l'amidon, le lactose, pour donner de l'alcool butylique et de l'acide butyrique ; sans action sur le lactate de chaux ; liquéfie la gélose.

4° *Bacillus orthobutylicus* de M. Grimbart (1893) : isolé d'une fermentation de tartrate de chaux ; largeur $1,5\ \mu$;

longueur 3 à 6 μ ; éléments mobiles; anaérobie; donnant des spores; fermente l'amidon, la dextrine, la mannite, la saccharose, le maltose, le glucose, le lactose, la glycérine pour donner de l'alcool butylique et des acides butyrique et acétique; sans action sur le lactate et tartrate de chaux et sur la cellulose.

5° *Bacillus saccharobutyricus* de Klecki (1895) : isolé d'un fromage; largeur 0,7 μ ; longueur 5 à 7 μ ; anaérobie; spores ovales; mobile; fermente le lactose pour donner de l'acide butyrique; sans action sur le lactate de chaux; ne liquéfie pas la gélatine.

Notre ferment butyrique se distingue de tous ces ferments soit par les produits de la fermentation, soit par son action sur les substances fermentescibles et aussi par ses dimensions. Nous devons donc le considérer comme identique au vibrion butyrique ou bacillus amylobacter.

2° ESPÈCE ANAÉROBIE ET AÉROBIE. — Cette bactérie se développe aussi bien au contact de l'air que dans un milieu privé d'air. Elle est donc à la fois anaérobie et aérobie. C'est de plus une bactérie chromogène, pouvant former dans les cultures une matière colorante rouge. Ses cultures, examinées au microscope, nous montrent la présence d'éléments assez courts, très mobiles. Ils ont un mouvement onduleux, semblable à celui du corps d'un serpent, et ils traversent le champ du microscope avec une assez grande rapidité. Ce sont des bâtonnets, des bacilles à extrémités arrondies, le plus souvent réunis en chaînes de dimensions variables. Leur largeur est de $\frac{3}{4}$ de μ à 1 μ ; la longueur des éléments isolés est de 3 μ . Ils se colorent bien par le khrystal violet phéni-

qué du D^r Roux et semblent alors présenter un léger étranglement au milieu (*fig. 5*). Autour des bâtonnets, on distingue, comme pour le *Bacillus anthracis*, une mince zone claire, hyaline, qui paraît due à la couche périphérique gélifiée de la membrane du bacille. Cette zone s'observe très



FIG. 5

facilement dans les préparations fixées et colorées, où elle forme comme une auréole claire autour des éléments colorés. Le bacille donne naissance, surtout dans les vieilles cultures, à des spores bien rondes de $1\ \mu$ de diamètre.

Culture du bacille cultivé en aérobie : En cultures aérobies sur gélatine dans les boîtes de Piétri, on observe, le deuxième jour à $18-20^{\circ}$, des cultures rondes, qui s'étendent rapidement et recouvrent toute la surface de la gélatine sous forme d'un voile grisâtre. La gélatine est liquéfiée avec putréfaction. Sur gélose à 30° , les cultures s'étendent aussi sur toute la surface, mais la gélose n'est pas liquéfiée.

Cultures en tube sur gélatine : En stries à $18-20^{\circ}$, la culture s'étend rapidement sur toute la surface de la gélatine et la liquéfie avec putréfaction ; en piqûre, la gélatine est également liquéfiée ; il se forme un voile grisâtre à la surface.

Cultures en tube sur gélose : En stries à 20° et 35°, la culture s'étend sur toute la surface de la gélose et forme un voile épais, grisâtre, qui se détache assez difficilement de la gelée ; en piqûre, la culture forme un ruban le long de la piqûre et un voile épais à la partie supérieure.

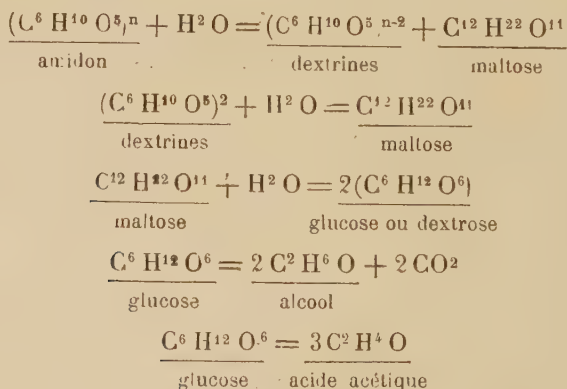
Cultures sur pomme de terre : A 35°, on observe, le deuxième jour, des petites colonies rares, arrondies, qui s'étendent peu à peu à toute la surface de la pomme de terre. La pellicule formée est d'un rose pâle et est assez résistante ; elle a un aspect gras ; elle est plissée, mamelonnée avec des boursouflures pleines d'eau. Il se dégage de la culture une forte odeur d'alcool éthylique. Ces phénomènes s'observent encore mieux si on a soin de boucher le tube à culture avec un bouchon de liège, de façon à ce que la culture conserve un grand degré d'humidité. Au bout d'une quinzaine de jours, le morceau de pomme de terre a diminué considérablement de volume ; il est ratatiné, et son amidon a en grande partie disparu, transformé sans doute en glucose et en alcool ; la cellulose résiste. A 20°, les phénomènes sont les mêmes, mais les cultures n'apparaissent que le quatrième jour, et la coloration rose est à peine apparente.

Nous avons également étudié l'action de ce bacille sur différents milieux en présence d'une solution nutritive saline. Le liquide nutritif suivant nous a donné de très bons résultats :

Tartrate d'ammoniaque.....	1 gr.
Phosphate de soude.....	0 gr. 10
Sulfate magnésie	0 gr. 02
Carbonate de potasse.....	0 gr. 02
Peptone sèche.....	0 gr. 25
Eau.....	100 gr.

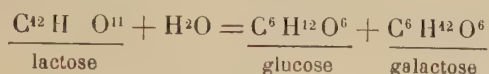
Nous avons mis ce liquide dans une série de tubes avec 3 p. 100 de l'une des substances suivantes : *amidon*, *lactose*, *saccharose*, *glucose*, *glycérine*, *mannite*, *lactate de chaux*, *dextrine* et *gluten*. Ces tubes ont été ensuite stérilisés par chauffages répétés et, pour plus de sûreté, nous les avons observés à l'étuve pendant quelques jours. Nous avons ensuite pratiqué les ensemencements et mis les tubes à l'étuve à 35°.

1° *Tube avec amidon*. — Le second jour, on observe à la surface du mélange la formation de très petites cultures en forme d'îlots. Le quatrième jour, ces îlots se réunissent en certains points pour former un réseau de couleur rose. Le mélange devient acide (acide acétique) et dégage une faible odeur d'alcool éthylique. L'amidon est en partie détruit, transformé sans doute successivement, sous l'action d'une diastase sécrétée par le bacille, en dextrines, maltose et glucose. Ce glucose est enfin transformé en alcool et acide acétique. On sait que les formules de ces réactions sont les suivantes :

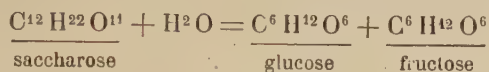


2° *Tube avec lactose*. — Le quatrième jour, on observe un

léger voile rose; le cinquième jour, la culture dégage une faible odeur d'alcool éthylique et la réaction du milieu est acide. Le lactose, sous l'influence du ferment, se dédouble probablement en glucose et galactose qui, à leur tour, sont décomposés en alcool et produits secondaires. La formule de dédoublement du lactose est la suivante :

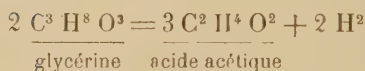
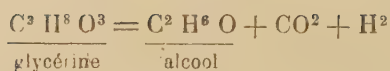


3° *Tube avec saccharose.* — Les phénomènes sont les mêmes qu'avec l'amidon. La saccharose se transforme, sous l'influence d'une invertine sécrétée par le bacille, en glucose et fructose (sucre interverti) directement fermentescibles. On a :

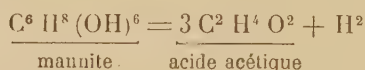
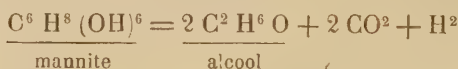


4° *Tube avec glucose.* — Le glucose est pour le bacille un aliment de choix; il y végète vigoureusement. Le premier jour, on observe la formation d'un voile très léger, avec quelques îlots. Ces îlots se réunissent et forment, comme avec l'amidon mais avec plus d'intensité, un réseau rose d'un très joli aspect. La culture dégage le deuxième jour une assez forte odeur d'alcool éthylique. Le troisième jour le liquide, qui était limpide, se trouble; le quatrième, il devient acide (acide acétique). Le glucose est transformé en alcool et acide acétique.

5° *Tube avec glycérine.* — Les cultures se développent le deuxième jour et les phénomènes sont les mêmes qu'avec le glucose. La production d'alcool et d'acide acétique aux dépens de la glycérine, alcool triatomique, se fait suivant les formules suivantes :



6° *Tube avec mannite.* — On obtient les mêmes résultats qu'avec le glucose. Les formules de cette fermentation sont :



7° *Tube avec lactate de chaux.* — On observe un très léger voile à la surface du liquide ; la culture ne dégage aucune odeur ; le bacille végète dans le milieu grâce au liquide nutritif, mais ne fermente pas le lactate de chaux.

8° *Tube avec dextrine.* — On obtient les mêmes résultats qu'avec l'amidon.

9° *Tube avec gluten.* — Le deuxième jour, il se forme un voile rose très pâle ; le gluten se liquéfie peu à peu ; la culture dégage une odeur putride.

Nous avons fait la même série d'expériences à la température de 20°. Les résultats sont les mêmes qu'à 35°. Cependant le développement des cultures est moins actif et leur coloration beaucoup moins prononcée qu'à 35°. Nous avons égalementensemencé le bacille dans deux tubes renfermant l'un une décoction de poudre de blé et l'autre une décoction de pomme de terre. A 35°, le troisième jour, nous avons obtenu dans les deux tubes la formation d'un voile rose et d'alcool éthylique.

Etude du bacille cultivé en anaérobie. — Nous avons cultivé le bacille dans une atmosphère d'hydrogène. Nous avons répété les expériences faites pour les cultures en aérobie, nous avons obtenu les mêmes résultats. Il y a pourtant une petite différence dans la coloration des cultures : celles-ci sont un peu plus colorées en anaérobie.

D'après ce qui précède, on voit que ce bacille est aérobie, anaérobie et chromogène. Il fermente vigoureusement le glucose et plus lentement les autres substances. Les produits principaux de ces diverses fermentations sont l'alcool éthylique et l'acide acétique. Pour doser et caractériser l'alcool et l'acide acétique, nous avons fait des cultures du bacille dans des matras, renfermant une solution à 3 % de glucose dans le liquide nutritif cité plus haut. Après quelques jours de culture à 35°, nous avons, pour la recherche de l'alcool, distillé le liquide d'un matras après neutralisation. Dans le distillat, nous avons dosé l'alcool à l'aide du compte-gouttes Duclaux, et caractérisé par son odeur et la réaction de l'iodoforme. La quantité d'alcool produit est assez variable : 15 à 20 % du poids du glucose disparu. Cela tient à l'évaporation considérable qui se produit à l'étuve à 35°. Pour la recherche de l'acide acétique, nous avons distillé le liquide d'un matras, et nous avons partagé le distillat en deux parties. Dans une partie, nous avons dosé l'acide acétique par la liqueur décinormale de soude ; dans l'autre partie, nous avons caractérisé l'acide acétique par la formation d'éther acétique, reconnaissable à son odeur, à l'aide de quelques gouttes d'acide sulfurique, le distillat renfermant l'alcool nécessaire à la réaction. La quantité d'acide acétique produit est d'environ 8 % du glucose disparu.

Malgré nos recherches, nous n'avons pu identifier cette bactérie à une de celles étudiées jusqu'à ce jour. A notre connaissance, il n'y a que trois bactéries qui s'en rapprochent : le *bacillus ethaceticus*, le *bacillus prodigiosus* et le *bacillus mesentericus ruber*.

1° *Bacillus ethaceticus* : isolé du fumier de mouton, par M. O. Frankland ; largeur, 0,8 à 1 μ . ; longueur, 1,5 à 5 μ . ; souvent par paires ; éléments mobiles ; anaérobie et aérobie ; fermente le glucose, la saccharose, le maltose, la mannite, la glycérine pour donner de l'alcool éthylique et de l'acide acétique ; sans action sur la dulcité, l'érythrite, les lactate, citrate, tartrate de chaux ; liquéfie la gélatine.

2° *Bacillus prodigiosus* : fréquent dans l'air, l'eau et le sol ; éléments tantôt sphériques, elliptiques et tantôt en forme de bâtonnets de 0,5 de large et 1 μ . de long ; cultures rouges ; anaérobie et aérobie (sans pigment) ; éléments mobiles ; cultures dégageant de l'ammoniaque et une forte odeur de triméthylamine ; donne dans les milieux sucrés une quantité minime d'alcool ; liquéfie la gélatine.

3° *Bacillus mesentericus ruber* (bacille rouge de la pomme de terre) : se développe fréquemment sur les pommes de terre ; bâtonnet de 0,8 de large et 2,2 μ . de long ; peu mobile ; aérobie ; cultures rouges ; spores ovales ; ne donne pas d'alcool ; liquéfie la gélatine.

Le bacille du mziyit se rapproche des deux dernières bactéries par la coloration rose de ses cultures, par sa mobilité et par sa propriété de liquéfier la gélatine ; il s'en distingue par ses dimensions et surtout par son action sur les différents milieux de culture et par les produits de ces fermentations (alcool et acide acétique). Il se rapproche du *bacillus*

ethaceticus par son action sur les milieux de culture. Comme lui, il donne naissance à de l'alcool éthylique et à de l'acide acétique. Il s'en distingue cependant par ses dimensions, par la coloration rose de ses cultures. Nous le désignerons donc sous le nom de *Bacillus mziyiti*.

III

ETUDE DU MECHROUB

DÉFINITION. — Il arrive assez souvent qu'à la suite de grandes pluies, les silos, creusés dans un sol trop perméable, soient inondés. Le blé en absorbant de l'eau augmente de volume et fait sauter le bouchon du silos. Ce blé s'échauffe, fermente et devient aigre. Il porte alors le nom de *mechroub* (qui a bu). Nous avons vu que ce nom était aussi donné au blé fermenté ayant un an ou moins d'un an de silos (*mechroub* n° 2). Ces deux *mechroub* sont à peu près identiques.

ASPECT. — Le *mechroub*, mis au contact de l'air, ne tarde pas à se dessécher et à reprendre sa forme primitive. Cependant les grains sont un peu ridés. Ce blé est tendre, c'est-à-dire que ces grains s'écrasent facilement sous la dent ; sa saveur est aigre et il dégage une odeur de levain un peu particulière.

COMPOSITION. — Le *mechroub*, tel que les Arabes le vendent sur les marchés ou le portent au moulin, ne renferme pas plus d'eau que le blé sain : 13 à 14 %. Son acidité est assez élevée : 0,882 à 0,955 %. Son gluten est gris et cassant, mais il se rassemble assez facilement. La proportion d'amidon

est à peu près la même que dans le blé sain ; celle des matières réductrices est beaucoup plus faible.

EXAMEN MICROSCOPIQUE. — Les grains d'amidon examinés au microscope paraissent plus ou moins déformés. Ils sont brisés ou présentent des fentes sur les bords dans le mechrout n° 1 ; dans le mechrout n° 2, les grains d'amidon sont moins déformés. Cela provient de ce que l'humidité a été plus grande dans le premier cas que dans le second. On observe dans les deux mechrouts la présence de quelques microorganismes sous forme de petits bâtonnets à bouts arrondis identiques au bacille du mziyt. Nous avons vu que ce sont ces bacilles qui provoquent la fermentation acétique dans le grain aux dépens de l'amidon et des matières réductrices.

IV

ÉTUDE DU BLÉ AMER

Comme ce blé se rencontre assez rarement, nous en parlerons brièvement. Sous l'influence de l'humidité, dans des terres perméables, le blé subit une fermentation spéciale et prend une saveur amère assez prononcée. Les Arabes cherchent à enlever cette saveur au grain en inondant les silos, mais l'amertume ne diminue pas dans de grandes proportions. Cette amertume est due à la présence d'une bactérie qui semble surtout agir sur le gluten qui devient visqueux et se rassemble difficilement.

ÉTUDE DU LATOUAG

DÉFINITION ET PROPRIÉTÉS. — Dans certains terrains, les silos sont très humides et cette humidité persiste même quelquefois en été. Le blé se couvre alors de moisissures et les Arabes lui donnent le nom de *latouag*.

Il se présente le plus souvent en pelotes de grains agglomérés, colorés en brun ou verdâtres. Il dégage une forte odeur de moisi et sa saveur est désagréable.

COMPOSITION. — Le latouag ne renferme presque plus d'amidon. Le gluten et les matières azotées ont disparu. Il ne reste que l'enveloppe du fruit.

EXAMEN MICROSCOPIQUE. — Examinés au microscope, les grains d'amidon sont tous corrodés, rongés, il n'en reste que des débris. On trouve dans les grains de latouag des bactéries mobiles et des filaments mycéliens de diverses moisissures. Ces microorganismes détruisent l'amidon et les substances azotées que renferme le grain de blé. Les moisissures que nous avons isolées sont au nombre de trois : un mucor (*mucor stolonifer*), un pénicillium (*penicillium glaucum*) et un cladosporium (*cladosporium herbarum*).

Le mucor forme un thalle blanc avec des filaments

rampants, longs, sur lesquels se détachent des filaments dressés, droits, terminés par un sporange sphérique, noir. Au point où se détachent ces filaments, on observe de courts tubes mycéliens, semblables à des racines, présentant des cloisons et des ramifications. Ce sont bien là les caractères du mucor stolonifer ou rhizopus nigricans.

Le penicillum se présente sous forme d'une moisissure verdâtre, à thalle blanc formant des filaments dressés, ramifiés à la partie supérieure en forme de pinceau. Ces rameaux portent des chapelets de spores verdâtres. C'est donc bien le penicillum glaucum.

Le cladosporium est une moisissure qui forme des taches noires sur les grains de latouag. Le thalle est formé de filaments rampants, blancs et fructifères. Il se forme sur les filaments des bourgeons portant de une à plusieurs spores. Ces spores sont ovoïdes et noires. C'est, croyons-nous, une forme du cladosporium herbarum désigné par M. Prilleux sous le nom de *cladosporium fasciculare*.

De ces études, nous pouvons déduire que la première phase du mziyt est le mechroub. En effet, dans la première année de silos, l'hiver surtout, le blé absorbe l'humidité du sol et devient acide (*mechroub*) ; les années suivantes, les grains, ramollis par la première année de fermentation, se laissent plus facilement pénétrer et attaquer par les bactéries, et c'est alors qu'ils subissent la fermentation butyrique et avec plus d'intensité les fermentations acétique et alcoolique (*mziyt*).

Dans le cours de ces diverses fermentations, le blé peut être, même la première année, envahi par des moisissures (*blé latouag*) ou par des ferments de l'amertume (*blé amer*).

VI

ÉTUDE DES TERRAINS PROPRES A LA FORMATION DES BLÉS FERMENTÉS ÉTUDIÉS

La nature du terrain dans lequel est creusé le silos a une grande influence sur la conservation des céréales. Il est certain qu'une terre à éléments minéraux peu perméables et dépourvue de matières organiques est plus propre à la conservation des céréales qu'une terre à éléments très perméables et renfermant beaucoup de substances organiques.

Les bonnes terres à silos seront donc les suivantes :

1° *Terre argileuse*, le plus souvent blanche, renfermant plus de 40 % d'argile, moins de 50 % de sable (silice) et très peu de calcaire et d'humus.

2° *Terre argilo-calcaire*, souvent blanche, renfermant plus de 30 % d'argile, moins de 50 % de sable, 8 à 10 % de calcaire et très peu d'humus.

3° *Terre argilo-sableuse*, souvent blanche, renfermant plus de 30 % d'argile, environ 60 % de sable et très peu de calcaire et d'humus ;

4° *Terre calcaire*, couleur variable, renfermant plus de 10 % de calcaire, moins de 10 % d'argile, environ 60 % de sable et très peu d'humus ;

5° *Terre silico-argileuse*, souvent blanche, renfermant plus de 60 % de sable, environ 15 % d'argile et très peu de calcaire et d'humus ;

6° *Terre silico-calcaire*, souvent blanche, renfermant plus de 60 % de sable, 8 à 10 % de calcaire et très peu d'argile et d'humus.

Ces différentes terres ne renferment jamais plus de 10 % d'humus. Les meilleures d'entre elles sont celles renfermant beaucoup d'argile qui, alliée au calcaire ou au sable, forme une espèce de ciment que l'eau traverse difficilement. Il est très pénible d'y creuser des silos, mais par contre, ces silos sont presque parfaits.

Les mauvaises terres à silos sont les suivantes :

1° *Terre franche*, plus ou moins noire, renfermant environ 20 % d'argile, 60 % de sable, 10 % de calcaire et 10 % d'humus ;

2° *Terre argilo-humifère*, noire, renfermant plus de 10 % d'humus, plus de 30 % d'argile, de 40 à 50 % de sable et très peu de calcaire.

3° *Terre siliceuse*, couleur variable, renfermant plus de 80 % de sable, 10 à 15 % d'argile et très peu de calcaire et d'humus.

4° *Terre silico-humifère*, noire, renfermant 70 à 80 % de sable, 10 à 15 % d'humus et peu d'argile et de calcaire.

5° *Terre humifère*, très noire, renfermant plus de 15 % d'humus, 5 à 10 % d'argile, 40 à 50 % de sable et très peu de calcaire.

Ces terres laissent passer assez facilement l'eau et partant sont souvent très humides. Excepté la terre siliceuse, elles renferment toutes une forte proportion d'humus. Si cet

humus, qui provient, comme on le sait, de la décomposition de débris végétaux ou animaux, est recherché par les cultivateurs pour la culture des céréales, il est aussi recherché par les microorganismes pour leur propre développement. Il est donc naturel que les silos, creusés facilement dans ces terres, conservent très mal les céréales.

En dehors de la nature du terrain, il faut tenir compte, dans une certaine mesure, de l'exposition des silos. Dans notre région, l'exposition à l'Est ou au Midi est la meilleure; l'exposition au Nord ou à l'Ouest est mauvaise, car les vents de ces points, surtout ceux d'Ouest, sont toujours plus ou moins humides.

Voyons maintenant quelles sont, parmi ces différentes terres, celles propres au développement du mziyit, du mechroub, du blé amer et du latouag.

1° *Terres à mziyit.* — Ces terres sont toutes les bonnes terres à silos. Le mziyit, pour se faire, demande, en effet, peu d'humidité et craint beaucoup le contact de l'humus, porteur de moisissures ou autres microorganismes.

2° *Terres à mechroub.* — Ce sont les terres très perméables, telles que les terres franches ou siliceuses.

3° *Terres à blé amer.* — Ces terres sont celles renfermant beaucoup d'humus; terre humifère, argilo-humifère ou silico-humifère. Il est rare que le blé devienne amer dans les autres terres.

4° *Terres à latouag.* — Ce sont les terres humifères. Ces terres perméables tiennent le blé dans un état permanent d'humidité très propre au développement des moisissures qui se trouvent dans l'humus ou qui ont pénétré, comme les autres microorganismes, avec le grain dans les silos.

VII

VALEUR ALIMENTAIRE DE CES BLÉS

La valeur alimentaire d'un blé dépend de sa richesse en matières azotées et en phosphates. Le blé dur est plus riche en azote que le blé tendre, et le blé des pays chauds plus que celui des pays froids. La richesse en phosphates est assez variable, car elle dépend de la nature du sol, mais en général le blé dur renferme plus de phosphates que le blé tendre. Ces phosphates formant la majeure partie des cendres du blé, plus celui-ci renfermera de cendres, plus il sera riche en phosphates. D'après ce qui précède, on peut dire que le blé dur est plus nutritif que le blé tendre.

Examinons maintenant les blés fermentés.

1° *Mziyit*. — A poids égal, le mziyit renferme un peu moins de phosphates et de matières azotées que le blé sain. Mais ses éléments sont en voie de transformation : l'amidon se transformant en dextrine et en sucres et le gluten en matières azotées solubles. Les produits de cette transformation sont plus assimilables que les éléments primitifs. Le blé mziyit est donc plus nutritif que le blé sain. Mais ce qui le fait rechercher par les Arabes, ce n'est pas tant sa facile digestion, que son pouvoir digestif. Aussi chez eux une poignée de mziyit prise après un bon repas est regardée

comme nécessaire pour faire une bonne digestion. Leurs aliments principaux étant le couscous et la galette, c'est-à-dire des aliments hydrocarbonés, le mziyt, avec ses bactéries ferments de l'amidon, est bien le digestif nécessaire. Ce digestif a cependant un petit inconvénient : « il gonfle le ventre », disent les Arabes. Ce sont les gaz (acide carbonique et hydrogène) dégagés par les fermentations des hydrates de carbone qui distendent l'estomac et les intestins. Mais ce désagréable phénomène dure peu et la digestion s'effectue rapidement. Le mziyt est donc un excellent digestif, et à ce titre il joue chez les Arabes le rôle que le fromage joue chez les Européens. En dehors de son emploi comme digestif, il est souvent desséché et réduit en farine. Il entre alors comme le blé sain dans la préparation du couscous ou de la galette. Son odeur fait le désespoir des meuniers français, mais c'est aussi pour eux un sujet de plaisanteries faciles dont les « mangeurs de roquefort arabe » font les frais.

2° *Mechroub. Blé amer. Latouag.* — Le mechroub et le blé amer sont aussi nutritifs que le blé sain. Cependant, la saveur acide du mechroub n'est pas désagréable et il est consommé sans inconvénient. Le blé amer, au contraire, a une saveur très désagréable et son absorption donne quelquefois naissance à des coliques et à de la diarrhée. Le latouag ne renfermant presque pas d'éléments nutritifs est un mauvais aliment qui n'est en général consommé que par les Arabes pauvres, qui le mélangent au blé sain. Comme le blé amer, il donne souvent des coliques et de la diarrhée.

CONCLUSIONS

1° Il existe en Algérie plusieurs blés fermentés : le *mziyt*, le *mechroub*, le *blé amer* et le *latouag*.

2° Le *mziyt* est un blé fermenté renfermant beaucoup plus d'eau, d'acide et de matières azotées solubles que le blé sain et une moindre proportion des autres éléments. Son gluten est modifié et ne peut s'extraire ; les cellules de l'albumen et de l'embryon sont détruites, les matières réductrices fermentées, l'amidon corrodé par deux bactéries. Une de ces bactéries est un ferment butyrique de la cellulose et l'autre un ferment alcoolique de l'amidon et des sucres.

3° Le *mechroub* est un blé fermenté très acide, à grains d'amidon déformés et à gluten cassant.

4° Le *blé amer* est un blé fermenté de saveur amère et dont le gluten se rassemble difficilement.

5° Le *latouag* est un blé fermenté par des moisissures et dont les éléments nutritifs ont presque totalement disparu.

6° Les terrains propres au développement de ces fermentations sont : pour le *mziyt*, les différentes terres argileuses peu perméables à l'eau ; pour le *mechroub*, les terres franches ou siliceuses très perméables ; pour le *blé amer* et le *latouag*, les terres humifères souvent humides.

7° Le mziyit est un blé nutritif et digestif. Le mechrout et le blé amer sont assez nutritifs, bien que le blé amer provoque souvent des coliques. Le latouag est un blé dépourvu de propriétés nutritives et pouvant provoquer des coliques et de la diarrhée.

Vu : bon à imprimer :

Montpellier, le 30 Mai 1906.

Le Président de la Thèse,

F. JADIN.

Vu et approuvé :

Montpellier, le 30 Mai 1906.

Le Directeur de l'École,

G. MASSOL.

Vu et permis d'imprimer :

Montpellier, le 1^{er} Juin 1906.

Pour le Recteur :

Le Vice-Président du Conseil de l'Université,

G. MASSOL.

The first of the three is the "General
Statement of the Board of Directors" which
is a summary of the business of the
company for the year. It is followed by the
"Statement of the Officers and Directors" which
is a statement of the salaries and other
compensation of the officers and directors.

The second of the three is the "Statement
of the Officers and Directors" which is a
statement of the salaries and other
compensation of the officers and directors.

The third of the three is the "Statement
of the Officers and Directors" which is a
statement of the salaries and other
compensation of the officers and directors.